

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

25. 3. 2004

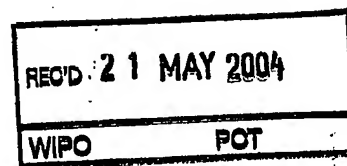
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 3 月 2 7 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 0 8 7 8 9 4
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 8 7 8 9 4]

出 願 人
Applicant(s): 浜松ホトニクス株式会社

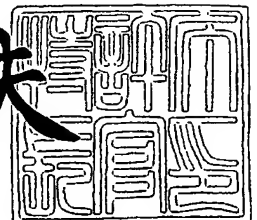
**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 4 月 2 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 2003-0020

【提出日】 平成15年 3月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 31/09

【発明者】

 【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

 【氏名】 柴山 勝己

【特許出願人】

 【識別番号】 000236436

 【氏名又は名称】 浜松ホトニクス株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100088155

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

 【識別番号】 100089978

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

 【識別番号】 100092657

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 014708

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

【物件名】

図面 1

【物件名】

要約書 1

【プルーフの要否】

要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ホトダイオードアレイおよびその製造方法並びに放射線検出器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被検出光の入射面の反対面側に、複数のホトダイオードがアレイ状に形成された半導体基板を備え、

前記入射面側に、少なくとも前記ホトダイオードが形成された領域と対応する領域を被覆し、前記被検出光を透過する樹脂膜を設けた

ことを特徴とするホトダイオードアレイ。

【請求項 2】 前記半導体基板が、前記入射面の反対面側に、周囲の領域よりも窪んだ表面側凹部を有し、該表面側凹部の底部に前記ホトダイオードが形成されている

ことを特徴とする請求項 1 記載のホトダイオードアレイ。

【請求項 3】 前記樹脂膜を、前記入射面側全体に設けた

ことを特徴とする請求項 1 または 2 記載のホトダイオードアレイ。

【請求項 4】 前記半導体基板には、隣接する前記各ホトダイオードの間にその各ホトダイオードを分離する不純物領域が設けられている

ことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一項記載のホトダイオードアレイ。

【請求項 5】 前記半導体基板の入射面側に、前記半導体基板と同じ導電型の高不純物濃度層が形成されている

ことを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一項記載のホトダイオードアレイ。

【請求項 6】 第 1 導電型の半導体からなる半導体基板の片側表面に、不純物を添加して複数の第 2 導電型の不純物拡散層を形成し、各不純物拡散層と前記半導体基板とによる複数のホトダイオードをアレイ状に配列して形成する第 1 工程と、

前記不純物拡散層を形成した側の反対側表面に、少なくとも前記ホトダイオードが形成された領域と対応する領域を被覆し、前記ホトダイオードが検出する光を透過する樹脂膜を設ける第 2 工程と

を備えることを特徴とするホトダイオードアレイの製造方法。

【請求項 7】 第 1 導電型の半導体からなる半導体基板の片側表面に、周囲

の領域よりも窪んだ表面側凹部をアレイ状に配列して複数形成する第1工程と、

前記各表面側凹部の底部に不純物を添加して複数の第2導電型の不純物拡散層を形成し、各不純物拡散層と前記半導体基板とによる複数のホットダイオードをアレイ状に配列して形成する第2工程と、

前記不純物拡散層を形成した側の反対側表面に、少なくとも前記ホットダイオードが形成された領域と対応する領域を被覆し、前記ホットダイオードが検出する光を透過する樹脂膜を設ける第3工程と

を備えることを特徴とするホットダイオードアレイの製造方法。

【請求項8】 前記樹脂膜を設ける前に、前記反対側表面に前記半導体基板と同じ導電型の高不純物濃度層を形成する工程

を更に有することを特徴とする請求項6または7記載のホットダイオードアレイの製造方法。

【請求項9】 隣接する前記不純物を添加する領域の間に別の不純物を添加して第1導電型の不純物領域を設ける工程

を更に有することを特徴とする請求項6～8のいずれか一項記載のホットダイオードアレイの製造方法。

【請求項10】 請求項1～5のいずれか一項記載のホットダイオードアレイと、

該ホットダイオードアレイの前記被検出光の入射面の側に取り付けられ、入射した放射線により発光するシンチレータパネルと

を備えることを特徴とする放射線検出器。

【請求項11】 請求項6～9のいずれか一項記載の製造方法で製造されたホットダイオードアレイと、

該ホットダイオードアレイの前記樹脂膜が設けられた側に取り付けられ、入射した放射線により発光するシンチレータパネルと

を備えることを特徴とする放射線検出器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ホットダイオードアレイおよびその製造方法並びに放射線検出器に関する。

【0002】

【従来の技術】

この種のホットダイオードアレイとして、従来から、バンプ電極等の形成されている面の反対側（裏面側）から光を入射させるタイプの裏面入射型ホットダイオードアレイが知られている（例えば特許文献1参照）。この特許文献1に開示されているホットダイオードアレイは、図25および図26に示すように、n型シリコン基板133に、角柱状p層134を形成してpn接合によるホットダイオード140を形成し、そのホットダイオード140が形成されている表面側（図面の下側）とは反対側の裏面（図面の上側）に、負電極膜136を介してシンチレータ131が接着されてなっている。そして、そのシンチレータ131から、波長変換された光をホットダイオード140に入射させるとともに、その入射光に応じた電流をホットダイオード140により得て、その電流を表面側の正電極135、半田球139を介して、プリント基板137に設けられた半田パッド138に接続している。

【0003】

【特許文献1】

特開平7-333348号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述のホットダイオードアレイ、例えばCT用ホットダイオードアレイを実装するには、チップを吸着するコレットとして、平コレットと角錐コレットを使用することができるが、通常フリップチップボンディングを行う場合は平コレットが使用されている。CT用ホットダイオードアレイは、チップ面積が大きく（例えば、1辺20mmの矩形状）、図24（b）に示すように、通常のマウンタで使用される角錐コレット161を使用すると、チップ162と角錐コレット161との隙間163により反り返りを生じ、この反り返りにより位置ずれを生じて実装精度が低下するおそれがある。また、フリップチップボンディングの際

には加熱や加圧が必要となるが、角錐コレット 161 では熱伝達の効率が良くなり、加えられる圧力によってチップエッジに損傷がもたらされるおそれもあり、角錐コレット 161 は薄いチップには不向きである。このような理由から、フリップチップボンディングを行う場合は、図 24 (a) に示すように、チップ面に面接触する平コレット 160 でチップ 162 を吸着しつつ、そのチップ 162 にヒータブロック 164 から熱と圧力を加えている。

【0005】

しかしながら、平コレット 160 を使用すると、チップ 162 のチップ面全体が平コレット 160 に接触することになる。この光入射面となるチップ面全体が平コレット 160 に接触して加圧および加熱を受けると、そのチップ面上の、ホットダイオードを構成する不純物拡散層と対応する領域に物理的なダメージ（損傷）が及ぶので、そのダメージによる外観不良や特性劣化（暗電流や雑音の増加など）がホットダイオードアレイにもたらされる。

【0006】

そこで、本発明は上記課題を解決し、実装時において、ホットダイオードが形成されている領域と対応する領域に及ぶダメージによる特性劣化を防止することが可能なホットダイオードアレイおよびその製造方法並びに放射線検出器を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明によるホットダイオードアレイは、被検出光の入射面の反対面側に、複数のホットダイオードがアレイ状に形成された半導体基板を備え、入射面側に、少なくともホットダイオードが形成された領域と対応する領域を被覆し、被検出光を透過する樹脂膜を設けたことを特徴とする。

このホットダイオードアレイは、樹脂膜がホットダイオードの対応領域と実装時に使用される平コレットとの間に介在することになるため、対応領域が平コレットに直に接触することなく保護され、加圧や加熱によるダメージを受けることがない。

【0008】

また、上記ホトダイオードアレイは上記半導体基板が、入射面の反対面側に、周囲の領域よりも窪んだ表面側凹部を有し、その表面側凹部の底部にホトダイオードが形成されているようにすることができる。

このホトダイオードは、半導体基板の被検出光の入射面からホトダイオードまでの距離が短縮されているので、被検出光の入射により発生するキャリアの移動過程における再結合が抑制される。

【0009】

また、上記ホトダイオードは、樹脂膜を入射面側全体に設けるとよい。この場合は、製造工程を簡易にすることができる。

さらに、上記ホトダイオードアレイは、半導体基板には、隣接する各ホトダイオードの間に、その各ホトダイオードを分離する不純物領域（分離層）が設けられているとよい。これらのホトダイオードアレイは、分離層により表面リークが抑えられるために、隣接するホトダイオード同士が電氣的に確実に分離されている。

上記いずれのホトダイオードアレイも、半導体基板の入射面側に、上記半導体基板と同じ導電型の高不純物濃度層が形成されていることが好ましい。このホトダイオードアレイは、半導体基板内部の光入射面付近で発生したキャリアがトラップされることなく各ホトダイオードへ効率的に移動して、光検出感度を高めることができる。

【0010】

そして、本発明は、第1導電型の半導体からなる半導体基板の片側表面に、不純物を添加して複数の第2導電型の不純物拡散層を形成し、各不純物拡散層と半導体基板とによる複数のホトダイオードをアレイ状に配列して形成する第1工程と、不純物拡散層を形成した側の反対側表面に、少なくともそのホトダイオードが形成された領域と対応する領域を被覆し、ホトダイオードが検出する光を透過する樹脂膜を設ける第2工程とを備えるホトダイオードアレイの製造方法を提供する。

【0011】

このホトダイオードアレイの製造方法によれば、半導体基板の片側表面にホト

ダイオードがアレイ状に配列して形成され、その反対側表面に、少なくともホットダイオードが形成された領域と対応する領域を被覆し、ホットダイオードの検出光を透過する樹脂膜を設けたホットダイオードアレイが得られる。

また、本発明は、第1導電型の半導体からなる半導体基板の片側表面に、周囲の領域よりも窪んだ表面側凹部をアレイ状に配列して複数形成する第1工程と、各表面側凹部の底部に不純物を添加して複数の第2導電型の不純物拡散層を形成し、各不純物拡散層と半導体基板とによる複数のホットダイオードをアレイ状に配列して形成する第2工程と、不純物拡散層を形成した側の反対側表面に、少なくともホットダイオードが形成された領域と対応する領域を被覆し、ホットダイオードが検出する光を透過する樹脂膜を設ける第3工程とを備えるホットダイオードアレイの製造方法を提供する。

【0012】

この製造方法によれば、半導体基板の片側表面に表面側凹部が形成されて、その表面側凹部の底部にホットダイオードがアレイ状に配列して形成され、その反対側に、少なくともホットダイオードが形成された領域と対応する領域を被覆し、ホットダイオードの検出光を透過する樹脂膜を設けたホットダイオードアレイが得られる。

上記いずれのホットダイオードアレイの製造方法も、上記樹脂膜を設ける前に、反対側表面に半導体基板と同じ導電型の高不純物濃度層を形成する工程を有するとよい。この製造方法によれば、半導体基板と同じ導電型の高不純物濃度層が形成され、半導体基板内部の光入射面付近で発生したキャリアがトラップされることなく各ホットダイオードへ効率的に移動し、光検出感度を高めたホットダイオードアレイが得られる。

【0013】

また、上記いずれのホットダイオードアレイの製造方法も、隣接する不純物を添加する領域の間に別の不純物を添加して第1導電型の不純物領域を設ける工程を更に有するようにすることができる。この製造方法によれば、隣接する各ホットダイオードが電氣的に確実に分離されたホットダイオードアレイが得られる。

そして本発明は、上記いずれかのホットダイオードアレイと、ホットダイオードア

レイの被検出光の入射面の側に取り付けられ、入射した放射線により発光するシンチレータパネルとを備える放射線検出器を提供する。

【0014】

また、上記いずれかの製造方法で製造されたホトダイオードアレイと、ホトダイオードアレイの樹脂膜が設けられた側に取り付けられ、入射した放射線により発光するシンチレータパネルとを備える放射線検出器を提供する。

これらの放射線検出器は、上記ホトダイオードアレイを備えているため、ホトダイオードの対応領域が樹脂膜により実装時における加圧や加熱によるダメージを受けることなく保護され、これらによるノイズや暗電流等による特性劣化を防止できる。

【0015】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について説明する。なお、同一要素には同一符号を用い、重複する説明は省略する。

(第1の実施形態)

まず、ホトダイオードアレイとその製造方法の実施形態について説明する。

図1は、本発明の実施形態に係るホトダイオードアレイ1を模式的に示す断面図である。なお、以下の説明においては、光Lの入射面(図1の上側)を裏面、その反対側(図1の下側)の面を表面としている。以下の各図においては、図示の都合上、寸法が適宜変更されている。

【0016】

ホトダイオードアレイ1は、表面側において、pn接合による複数のホトダイオード4が縦横に規則正しいアレイ状に2次元配列されて、その一つ一つのホトダイオード4がホトダイオードアレイ1の画素としての機能を有し、全体で一つの光検出部を構成している。

ホトダイオードアレイ1は、厚さが $30 \sim 300 \mu\text{m}$ (好ましくは $100 \mu\text{m}$)程度で、不純物濃度が $1 \times 10^{12} \sim 10^{15} / \text{cm}^3$ 程度のn型(第1導電型)シリコン基板3を有している。そして、その表面側において、不純物濃度が $1 \times 10^{13} \sim 10^{20} / \text{cm}^3$ 程度で、膜厚が $0.05 \sim 20 \mu\text{m}$ 程度(好ましくは0

・ 2 μ m) の p 型 (第 2 導電型) 不純物拡散層 5 が縦横の規則正しいアレイ状に 2 次元配列されている。この p 型不純物拡散層 5 と n 型シリコン基板 3 とによる p n 接合がホトダイオード 4 を構成している。さらに、表面側にはシリコン酸化膜 2 2 が形成され、重ねてパッシベーション膜 2 が形成されている。

【0017】

また、各ホトダイオード 4 について、電極配線 9 が形成されている。この電極配線 9 は、膜厚が 1 μ m 程度のアルミニウムからなり、表面側において、各 p 型不純物拡散層 5 に電氣的に接続されている。また、各電極配線 9 には、所定の位置でパッシベーション膜 2 が開口された部分に、Ni-Au からなるアンダーバンプメタル (UBM) 11 を介して半田のバンプ電極 12 が電氣的に接続されている。

【0018】

一方、n 型シリコン基板 3 の裏面側には、高不純物濃度層であるアキュムレーション層 8 が設けられている。このアキュムレーション層 8 は裏面側の略全面にわたって略均一な深さで形成されていて、n 型シリコン基板 3 と同じ導電型であり、n 型シリコン基板 3 よりも不純物濃度が高くなっている。また、このアキュムレーション層 8 を被覆し、保護すると同時に光 L の反射を抑制する AR 膜 2 4 が形成されている。AR 膜 2 4 は、SiO₂ からなり、厚さ 0.01 ~ 数 μ m 程度で形成されている。なお、ホトダイオードアレイ 1 はアキュムレーション層 8 を設けているが、アキュムレーション層 8 を設けなくても実用上十分許容しえる程度の光検出感度を有している。なお、AR 膜 2 4 は、SiO₂ の他に SiN や必要な波長において反射防止ができるような光学膜を積層あるいは複合して形成してもよい。

【0019】

そして、表面側の各 p 型不純物拡散層 5 の存在する領域がホトダイオード 4 の形成されている領域 (形成領域) で、それ以外の領域がホトダイオードの形成されない非形成領域となっており、少なくとも各ホトダイオード 4 の形成領域と対応する領域 (以下「対応領域」という) の全体を被覆し得る透明樹脂膜 6 が裏面側 AR 膜 2 4 上の全体に設けられている。

【0020】

さらに、図示したホットダイオードアレイ1は、p型不純物拡散層5同士の間、すなわち、隣接するホットダイオード4同士の間、n⁺型不純物領域（分離層）7を膜厚0.1～数10 μ m程度で設けている。このn⁺型不純物領域（分離層）7は、隣接するホットダイオード4同士を電氣的に分離する機能を有するもので、これを設けることにより、隣接するホットダイオード4同士が電氣的に確実に分離され、ホットダイオード4同士のクロストークを低減することができる。しかし、ホットダイオードアレイ1はこのn⁺型不純物領域7は設けなくても、実用上十分許容し得る程度の光検出特性を有している。

【0021】

図2は、ホットダイオードアレイ1を構成する半導体チップ30の側面図およびその要部を拡大して示す断面図である。図2に示すように、半導体チップ30は幅W1が22.4mm程度で、厚さDが約0.3mmの極めて薄い板状であり、上述のホットダイオード4を多数有し（例えば、16×16個の2次元配列）、隣接する画素間のピッチW2が1.4mm程度の大面积（例えば、22.4mm×22.4mm）のチップである。

【0022】

以上のように構成されたホットダイオードアレイ1は、ホットダイオード4が形成されていない裏面側から光Lが入射すると、その被検出光Lが透明樹脂膜6及びアキュムレーション層8を通過して、pn接合部に達し、その入射光に応じたキャリアを各ホットダイオード4が生成する。このとき、アキュムレーション層8は光Lの入射によって、n型シリコン基板3内部の光入射面（裏面）付近で発生したキャリアが光入射面やAR膜24との界面でトラップすることを抑制して、そのキャリアをpn接合部へ効率的に移動させて、ホットダイオードアレイ1の光検出感度を高めるように機能する。そして、生成されたキャリアによる光電流は、各p型不純物拡散層5に接続された電極配線9とUBM11を介してバンプ電極12から取り出される。このバンプ電極12からの出力によって、入射光の検出が行われる。

【0023】

上述のとおり、ホットダイオードアレイ 1 は、入射面側において、各ホットダイオード 4 の対応領域全体を被覆し得る透明樹脂膜 6 が設けられている。この透明樹脂膜 6 は、半導体チップ 30 を平コレットに吸着してフリップチップボンディングを行う場合に平コレットに接触し、その平コレットと各ホットダイオード 4 の対応領域との間に介在する恰好で配置される。これにより、光検出部を構成するホットダイオード 4 の対応領域はこの透明樹脂膜 6 により保護され、平コレットに直接接触することはない。したがって、ホットダイオードアレイ 1 は対応領域が加圧によるストレスや加熱によるストレスを直接受けないので、その対応領域のアキュムレーション層 8 に物理的なダメージ（損傷）が及ぶことはなく、ホットダイオード 4 にそのようなダメージによる結晶欠陥等に起因する暗電流やノイズが発生することもない。よって、ホットダイオードアレイ 1 は、高精度な（S/N 比が高い）光検出を行うことができる。

【0024】

また、後述するように、透明樹脂膜 6 は、各ホットダイオード 4 の対応領域を保護し得るクッション層としての機能を発揮し得るから、平コレットに吸着する際の物理的な衝撃を吸収することもでき、この点でも効果的である。

さらに、フリップチップボンディング以外、例えばホットダイオードアレイ 1 をシンチレータに一体化して CT 用センサとする場合にも、シンチレータが直接対応領域に接触することがないから、シンチレータの取り付け時におけるダメージも回避することができる。

【0025】

ところで、透明樹脂膜 6 は、少なくともホットダイオード 4 の対応領域全体を被覆し得る範囲に設ければよい。この要件を満たしていれば、1 つの透明樹脂膜 6 で対応領域全体を被覆してもよく、透明樹脂膜 6 をホットダイオード 4 の対応領域毎に個別に形成し、ホットダイオード 4 の形成領域と対応しない領域（以下「非対応領域」という）に、一部形成されない欠落部 6a が形成されていてもよい（図 12 参照）。しかし、製造工程を簡易にするという点では、裏面側全体に設けたほうが好ましい（この点については後に詳述する）。

【0026】

そして、透明樹脂膜 6 は、ホトダイオード 4 の対応領域全体の保護膜となり、入射面側に配置されるものであるから、ホトダイオードアレイ 4 が検出する光（被検出光、例えば後述するシンチレータパネル 31 の発生する蛍光）を透過し、その被検出光に対して光学的に透明な光透過性の樹脂、例えば、エポキシ樹脂やポリイミド、アクリレート、シリコーン、フッ素、ウレタン等の樹脂からなっている。また、透明樹脂膜 6 は、フリップチップボンディングの際に平コレットに直に接触して、加圧され、加熱されるものであるから、この加圧や加熱から各ホトダイオード 4 の対応領域を保護するクッション層としての機能を発揮し得る特性を具備しているのが好ましい。この場合、例えば、熱膨張係数が $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ 程度、弾性特性は弾性率 $10 \sim 12000 \text{ kg/cm}^2$ 程度、熱伝導率は $0.2 \sim 1.85 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ とし、加熱により不純物イオンがホトダイオード 4 へ拡散せず、少なくとも後述するシンチレータパネル 31 からの光の吸収がなしえるような膜厚（ $1 \sim 50 \mu\text{m}$ （好ましくは $10 \mu\text{m}$ ）程度）を有することが好ましい。

【0027】

次に、本実施形態に係るホトダイオードアレイ 1 の製造方法について、図 3 ～ 図 11 に基づいて説明する。

まず、図 3 に示すように、 $150 \sim 500 \mu\text{m}$ （好ましくは $350 \mu\text{m}$ ）程度の厚さを有する n 型シリコン基板 3 を準備して、その n 型シリコン基板 3 の表面および裏面に熱酸化を施し、シリコン酸化膜（ SiO_2 ）20 を形成する（図 4 参照）。

【0028】

次に、n 型シリコン基板 3 の表面側のシリコン酸化膜 20 に、所定のホトマスクを用いたパターンニングを行い、n+型不純物領域 7 を設けようとする領域のみ開口し、その開口された部分（開口部）からリンをドーピングして n+型不純物領域 7 を設ける。この実施の形態では、裏面側にも n+型不純物領域 7 を形成しているが、表面側、裏面側とも n+型不純物領域 7 を設けない場合はこの工程（不純物領域形成工程）を省略してもよい。その後再び基板の表面および裏面にシリコン酸化膜 21 を形成する（図 5 参照）。このシリコン酸化膜 21 は後続の工程に

において、p 型不純物拡散層 5 を形成する際のマスクとして利用される。

【0029】

続いて、表面側のシリコン酸化膜 2 1 に、所定のホットマスクを用いたパターンニングを行い、各 p 型不純物拡散層 5 を形成しようとする領域のみ開口する。そして、その開口部からボロンをドーピングし、p 型不純物拡散層 5 を縦横のアレイ状に 2 次元配列で形成する。これにより、各 p 型不純物拡散層 5 と n 型シリコン基板 3 の p n 接合によるホットダイオード 4 が表面側に、縦横のアレイ状に 2 次元配列で形成され、このホットダイオード 4 が画素に対応する部分となる。その後再び熱酸化して基板の表面側にシリコン酸化膜 2 2 を形成する（図 6 参照）。

【0030】

次に、n 型シリコン基板 3 の全体の厚さが所定の厚さ（30～300 μm 程度）になるまで裏面を研磨して n 型シリコン基板 3 の薄型（薄板）化を行い、裏面側に n 型イオン種（例えば、リンや砒素）を 0.05～数 10 μm 程度の深さまで拡散させて、n 型シリコン基板 3 よりも不純物濃度が高い上述のアキュムレーション層 8 を形成する。さらに、表面側を保護したままの状態では裏面側からバッファ酸化膜 2 3 を除去して再度熱酸化を行い、裏面側に AR 膜 2 4 を形成する（図 7 参照）。

【0031】

そして、ホットエッチング技術により各ホットダイオード 4 の形成領域において、各 p 型不純物拡散層 5 へつながるコンタクトホールをシリコン酸化膜 2 2 に形成する。続いて、蒸着により、アルミニウム金属膜を表面側の全体に形成した上で所定のホットマスクを用いてパターンニングを行い、その金属膜の不要な部分を除去して電極配線 9 を形成する（図 8 参照）。

次に、n 型シリコン基板 3 の裏面側に、透明樹脂膜 6 の材料となるエポキシ樹脂やポリイミド、アクリレート、シリコーン、フッ素、ウレタン等の樹脂を塗布し、それをスピンコーティングやスクリーン印刷法等により全体に広げて硬化させ、透明樹脂膜 6 を設ける（図 9 参照）。この透明樹脂膜 6 を設けることにより光検出部を構成するホットダイオード 4 の対応領域が保護されることとなる。なお透明樹脂膜 6 に上述の欠落部 6 a を形成する場合は欠落部 6 a の部分から、塗布

した樹脂を除去すればよいが、そうしても、ホットダイオード4の対応領域は保護される。そして、以上のようにして、透明樹脂膜6を形成した後、表面側にスパッタやプラズマCVDにより、パッシベーション膜2となるSiN₂5を形成する。パッシベーション膜2は、SiO₂やPSG、BPSGなどの絶縁膜、ポリイミド、アクリレート、エポキシ、フッ素樹脂やそれら複合膜や積層膜であってもよい。なお、パッシベーション2の形成工程は透明樹脂膜6の形成する前に行ってもよい。

【0032】

続いて、そのSiN₂5の所定の位置にコンタクトホールを形成し、電極取り出し部とする(図10参照)。さらに、バンプ電極12を設けるが、そのバンプ電極12として半田を用いる場合、半田はアルミニウムに対する濡れ性が悪いので各電極取り出し部とバンプ電極12を仲介するためのUBM11を各電極取り出し部に形成し、そのUBM11に重ねてバンプ電極12を形成する(図11参照)。以上の工程を経ることにより、実装時におけるダメージに起因するノイズが発生せず、高精度な光検出を行えるホットダイオードアレイ1を製造することができる。

【0033】

この場合、UBM11は、無電解メッキにより、Ni-Auを形成するが、リフトオフ法により、Ti-Pt-AuやCr-Auを形成してもよい。また、バンプ電極12は半田ボール搭載法や印刷法で所定のUBM11に半田を形成し、リフロすることによって得られる。なお、バンプ電極12は、半田に限られるものではなく、金バンプ、ニッケルバンプ、銅バンプでもよく、導電性フィラー等の金属を含む導電性樹脂バンプでもよい。なお、図にはアノード電極の取り出しのみを示しているが、カソード(基板)電極もアノード電極と同様に、n⁺型不純物領域7から取り出すことができる(図示せず)。また、図ではアノード電極のバンプ電極12をn⁺型不純物領域7のエリアに形成した場合を示しているが、アノード電極のバンプ電極12は、p型不純物拡散層5のエリアに形成してもよい。

【0034】

次に、本発明の放射線検出器の第1の実施形態について説明する。

図22は、本実施形態に係る放射線検出器50の側断面図である。この放射線検出器50は、放射線を入射して、その放射線によって生じた光を光出射面31aから出射するシンチレータパネル31と、シンチレータパネル31から出射された光を光入射面から入射し、電気信号に変換する上述のホトダイオードアレイ1とを備えている。この放射線検出器50は、本発明に係るホトダイオードアレイ1を備えることを特徴としている。

【0035】

シンチレータパネル31はホトダイオードアレイ1の裏面側（入射面側）に取り付けられているが、ホトダイオードアレイ1は、その裏面側に上述した透明樹脂膜6が設けられている。そのため、シンチレータパネル31の裏面、すなわち光出射面31aが直接ホトダイオード4の対応領域に接することはない。また、シンチレータパネル31の光出射面31aと、裏面側の透明樹脂膜6との隙間には光が十分透過するように特性を考慮した屈折率を有する光学樹脂35が充填されていて、この光学樹脂35により、シンチレータパネル31から出射された光が効率よくホトダイオードアレイ1に入射するようになっている。この光学樹脂35は、シンチレータパネル31から出射された光を透過する性質を有するエポキシ樹脂や、アクリル樹脂、ウレタン樹脂、シリコーン樹脂、フッ素樹脂等を用いることができるが、これらの複合材料を用いてもよい。

【0036】

そして、ホトダイオードアレイ1を図示しない実装配線基板上にボンディングする際には平コレットで表面を吸着する。しかし、ホトダイオードアレイ1の裏面には、上述した透明樹脂膜6が設けられているため、平コレットの吸着面が直接対応領域に接することなく、シンチレータパネル31を取り付けたときにその光出射面31aがホトダイオード4の対応領域に直接接することもない。したがって、このようなホトダイオードアレイ1とシンチレータパネル31とを有する放射線検出器50は、実装時における対応領域のダメージによるノイズや暗電流等の発生を防止することができるから、光検出が精度よく行われ、放射線の検出も精度良く行える。

【0037】

(第2の実施形態)

次に、ホットダイオードアレイとその製造方法の第2の実施形態について説明する。

本実施形態では、図13に示すように、光Lの入射面の反対面側（表面側）に表面側凹部45を設けたn型シリコン基板43を有するホットダイオードアレイ41を対象としている。なお、このホットダイオードアレイ41は、ホットダイオードアレイ1と共通部分を有するので、以下の説明は双方の相違点を中心に行い、共通部分については、その説明を省略ないし簡略化する。

【0038】

ホットダイオードアレイ41は、n型シリコン基板43の表面側において、表面側凹部45が、縦横の規則正しいアレイ状に2次元配列で形成されている。各表面側凹部45は、その周囲の領域よりも厚さが薄くなるように窪ませて形成したもので、1.4～1.5mm程度の配置間隔で形成されている。そして、そのそれぞれの底部45aに上述のホットダイオード4が一つずつ形成されることによって、ホットダイオード4がアレイ状に2次元配列されたホットダイオードアレイ41を構成している。

【0039】

各表面側凹部45は、表面側において、例えば1mm×1mm程度の大きさの矩形状開口部を有し、その開口部からその底部45aに向かい（表面側から裏面側に向かって）開口寸法が漸次縮小するように窪んで形成され、その底部45aまでの深さは例えば50μm程度になっている。こうすることにより、表面側凹部45は、斜面状の側面45bを有している。また、表面側には、ホットダイオード4それぞれについて、p型不純物拡散層5に電氣的に接続された電極配線9が側面45bに沿って形成されている。この電極配線9にホットダイオードアレイ1と同様にパッシベーション膜2の所定の位置に開口部が形成され、さらに、UBM11を介してバンプ電極12が電氣的に接続されている。また、ホットダイオード4、4の間に、n⁺型不純物領域7も設けられている。

【0040】

一方、ホットダイオードアレイ 41 は、裏面側ではその全体にアキュムレーション層 8 が形成され、重ねて AR 膜 24 が形成されている。このアキュムレーション層 8、AR 膜 24 とともに、上述したホットダイオードアレイ 1 と同様である。そして、AR 膜 24 上の各ホットダイオード 4 の対応領域を含む全体に、上述の透明樹脂膜 6 が設けられている。この透明樹脂膜 6 も上述したホットダイオードアレイ 1 と同様である。

【0041】

図 14 は、ホットダイオードアレイ 41 を構成する半導体チップ 36 の側面図およびその要部を拡大して示す断面図である。図 14 に示すように、半導体チップ 36 は、幅 $W1$ が 22.4 mm 程度で、厚さ D が約 150 ~ 300 μm 程度の極めて薄い板状であり、上述のホットダイオード 4 を多数有し（例えば、 16×16 個の 2 次元配列）、隣接する画素間のピッチ $W2$ が 1.4 mm 程度の大面积（例えば、22.4 mm \times 22.4 mm）のチップである。

【0042】

以上のように構成されたホットダイオードアレイ 41 は、ホットダイオード 4 が形成されていない裏面側から光 L が入射すると、ホットダイオードアレイ 1 と同様にその被検出光 L が透明樹脂膜 6 とアキュムレーション層 8 を通過して、pn 接合部に達し、その光に応じたキャリアを各ホットダイオード 4 が生成する。このとき各 p 型不純物拡散層 5 が表面側凹部 45 の底部 45a に設けられているので、n 型シリコン基板 43 の裏面からホットダイオード 4 までの距離が短縮されている（例えば、10 ~ 100 μm 程度）。したがって、ホットダイオードアレイ 41 は、光 L の入射により発生するキャリアが移動する過程において、再結合により消滅してしまう事態が抑制され、そのことにより、検出感度を高く維持できるようになっている。

【0043】

また、アキュムレーション層 8 により、光 L の入射によって、n 型シリコン基板 43 内部の光入射面（裏面）付近で発生したキャリアが再結合することなく各 p 型不純物拡散層 5 へ無駄なく効率的に移動することになるから、ホットダイオードアレイ 41 は、光検出感度が一層高くなっている（ただし、アキュムレーショ

ン層 8 を設けていなくても、ホットダイオードアレイ 4 1 は実用上十分許容しえる程度の検出感度を有している)。

なお、生成されたキャリアによる光電流は各 p 型不純物拡散層 5 に接続された電極配線 9 と UBM 1 1 を介してバンプ電極 1 2 から取り出される。このバンプ電極 1 2 からの出力によって、入射光の検出が行われる。この点については、ホットダイオードアレイ 1 と同様である。

【0044】

このホットダイオードアレイ 4 1 も、ホットダイオードアレイ 1 と同様に、各ホットダイオード 4 の裏面側に透明樹脂膜 6 が設けられているため、その半導体チップ 3 6 を平コレットに吸着してフリップチップボンディングを行う場合は、ホットダイオード 4 の対応領域が透明樹脂膜 6 により保護され、平コレットに直接接触することはない。したがって、ホットダイオードアレイ 4 1 は対応領域が加圧によるストレスや加熱によるストレスを直接受けないので、その対応領域のアキュムレーション層 8 に物理的なダメージ（損傷）が及ぶことはなく、ホットダイオード 4 にそのようなダメージに起因するノイズや暗電流等が発生することもない。よって、ホットダイオードアレイ 4 1 は高精度な（S/N 比が高い）光検出を行うことができる。また、フリップチップボンディング以外、例えばホットダイオードアレイ 4 1 をシンチレータに一体化して CT 用センサとする場合にも、シンチレータが直接対応領域に接触することがないから、シンチレータの取り付け時におけるダメージも回避することができる。

【0045】

次に、本実施形態に係るホットダイオードアレイ 1 の製造方法について、図 3 ～図 6、図 15 ～図 21 に基づいて説明する。なお、図示の都合上、図面の一部のハッチングを省略している。

まず、図 3 ～図 6 までの各工程をホットダイオードアレイ 1 と同様にして実行する。次に、n 型シリコン基板 3 の厚さが所定の厚さになるまで裏面を研磨して n 型シリコン基板 3 の薄型（薄板）化を行う。続いて、n 型シリコン基板 3 の表面および裏面に、LP-CVD（またはプラズマ CVD）によりシリコン窒化膜（SiN）2 6 を形成し、さらに続いて、表面側のシリコン酸化膜 2 2 とシリコン

窒化膜 26 について、所定のホトマスクを用いてパターンニングを行い、各表面側凹部 45 を形成しようとする領域のみ開口する（図 15 参照）。

【0046】

次に、n 型シリコン基板 3 の表面において、その各 p 型不純物拡散層 5 が形成されている領域を対象として、p 型不純物拡散層 5 の枠状周辺部 5a が残るように、その内側をアルカリエッチングにより除去して表面側凹部 45 を形成し、これによって n 型シリコン基板 43 を得る。すると、表面側凹部 45 の開口部に、p 型不純物の拡散した領域として枠状周辺部 5a が形成され、それに続く側面 45b と、底部 45b が形成される。なお、枠状周辺部 5a は必須というわけではないが、これを形成すると、表面側凹部 45 の凹部エッチングのエッジ部分でのダメージにより発生する暗電流や雑音を防止する効果が得られる。なお、図 13, 15, 24 ではホトダイオードアレイチップに、枠状周辺部 5a がいない場合の例を示している。

【0047】

次いで、形成された各表面側凹部 45 の底部 45b にボロン等をドーピングする。これにより、各表面側凹部 45 の底部 45b に p 型不純物拡散層 5b が形成されることとなり、表面側に、その p 型不純物拡散層 5b と n 型シリコン基板 43 の p-n 接合によるホトダイオード 4 が縦横のアレイ状に 2 次元配列で形成される。さらに熱酸化を施し、表面側のシリコン窒化膜 26 で被覆されていなかった部分にシリコン酸化膜 22 を形成する（図 16 参照）。なお、このとき、図示はしないが裏面側のシリコン窒化膜 26 にもシリコン酸化膜が形成される。

【0048】

続いて、表面側を保護した状態のまま裏面側からシリコン窒化膜 26 を除去した上で、裏面側に n 型イオン種（例えば、リンや砒素）のイオン注入等により、n 型シリコン基板 43 よりも不純物濃度が高い上述のアキュムレーション層 8 を形成する。さらに、熱酸化を行い、裏面側に AR 膜 24 を形成する。その後、表面側からシリコン窒化膜 26 を除去する（図 17 参照）。

【0049】

そして、ホトエッチング技術により各ホトダイオード 4 の形成領域において、

各 p 型不純物拡散層 5 b へつながるコンタクトホールを表面側のシリコン酸化膜 22 に形成する。続いて、蒸着によりアルミニウム金属膜を表面側全体に形成した上で、所定のホットマスクを用いてパターニングを行い、ホットエッチング技術により、その金属膜の不要な部分を除去して電極配線 9 を形成する（図 18 参照）。次に、第 1 の実施形態と同じ要領で、裏面側に透明樹脂膜 6 を設ける（図 19 参照）。

【0050】

続いて、表面側にスパッタやプラズマ CVD などによりパッシベーション膜 2 となる SiN25 を形成して、その SiN25 の所定の位置にコンタクトホールを形成する。続いて、各電極配線 9 の所定の位置のみが開口するように SiN25 をパターニングする（図 20 参照）。さらに、第 1 の実施形態と同様の要領で、その開口部の配線電極 9 と電氣的に接続する Ni-Au からなる UBM11 を無電解メッキなどにより形成し、その UBM11 に重ねてバンプ電極 12 を形成すると（図 21 参照）、実装時におけるダメージに起因するノイズや暗電流等が発生せず、高精度な光検出を行えるホットダイオードアレイ 41 を製造することができる。なお、図にはアノード電極の取り出しのみを示しているが、カソード（基板）電極もアノード電極と同様に、n+型不純物領域 7 から取り出すことができる（図示せず）。

【0051】

次に、本発明の放射線検出器の第 2 の実施形態について説明する。

図 23 は、本実施形態に係る放射線検出器 55 の側断面図である。この放射線検出器 55 は、放射線を入射して、その放射線によって生じた光を光出射面 31a から出射するシンチレータパネル 31 と、シンチレータパネル 31 から出射された光を光入射面から入射し、電気信号に変換する上述のホットダイオードアレイ 41 とを備えている。この放射線検出器 55 は、本発明に係るホットダイオードアレイ 41 を備えることを特徴としている。

【0052】

シンチレータパネル 31 はホットダイオードアレイ 41 の裏面側（入射面側）に取り付けられているが、ホットダイオードアレイ 41 は、その裏面側に上述した透

明樹脂膜 6 が設けられている。そのため、シンチレータパネル 31 の裏面、すなわち、光出射面 31a が直接ホトダイオード 4 の対応領域に接することはない。また、シンチレータパネル 31 の光出射面 31a と、透明樹脂膜 6 を含む裏面側との隙間には光が十分透過するように特性を考慮した屈折率を有する第 1 の実施形態と同様の光学樹脂 35 が充填され、この光学樹脂 35 により、シンチレータパネル 31 から出射された光が効率よくホトダイオードアレイ 41 に入射するようになっている。

【0053】

そして、ホトダイオードアレイ 41 を図示しない実装配線基板上にボンディングする際には平コレットで表面を吸着する。しかし、ホトダイオードアレイ 41 の裏面には、上述した透明樹脂膜 6 が設けられているため、平コレットの吸着面が直接対応領域に接することはない、シンチレータパネル 31 を取り付けたときにその光出射面 31a がホトダイオード 4 の対応領域に直接接することもない。したがって、このようなホトダイオードアレイ 41 とシンチレータパネル 31 とを有する放射線検出器 55 は、実装時における対応領域のダメージによるノイズや暗電流等の発生を防止することができるから、光検出が精度よく行われ、放射線の検出も精度良く行える。

【0054】

【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、ホトダイオードアレイおよびその製造方法並びに放射線検出器において、実装時におけるホトダイオードの対応領域のダメージによるノイズや暗電流等の発生を効果的に防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

第 1 の実施形態に係るホトダイオードアレイの要部を拡大して模式的に示す断面図である。

【図 2】

第 1 の実施形態に係るホトダイオードアレイを構成する半導体チップの側面図およびその要部を拡大して示す断面図である。

【図 3】

第 1 の実施形態のホットダイオードアレイの製造工程を示す要部拡大断面図である。

【図 4】

図 3 の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図 5】

図 4 の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図 6】

図 5 の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図 7】

図 6 の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図 8】

図 7 の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図 9】

図 8 の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図 10】

図 9 の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図 11】

図 10 の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図 12】

欠落部付の透明樹脂膜を有するホットダイオードアレイの要部を拡大して模式的に示す断面図である。

【図 13】

第 2 の実施形態に係るホットダイオードアレイの要部を拡大して模式的に示す断面図である。

【図 14】

第 2 の実施形態に係るホットダイオードアレイを構成する半導体チップの側面図およびその要部を拡大して示す断面図である。

【図 15】

第2の実施形態のホトダイオードアレイの製造過程の途中の工程を示す要部拡大断面図である。

【図16】

図15の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図17】

図16の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図18】

図17の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図19】

図18の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図20】

図19の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図21】

図20の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図22】

本発明に係るホトダイオードアレイを有する第1の実施形態に係る放射線検出器の要部を拡大して模式的に示す断面図である。

【図23】

本発明に係るホトダイオードアレイを有する第2の実施形態に係る放射線検出器の要部を拡大して模式的に示す断面図である。

【図24】

半導体チップをコレットにより吸着した状態を模式的に示し、(a)は平コレットにより吸着した状態を示す断面図、(b)は角錐コレットにより吸着した状態を示す断面図である。

【図25】

従来技術のホトダイオードアレイを示す斜視図である。

【図26】

図25のD-D線断面図である。

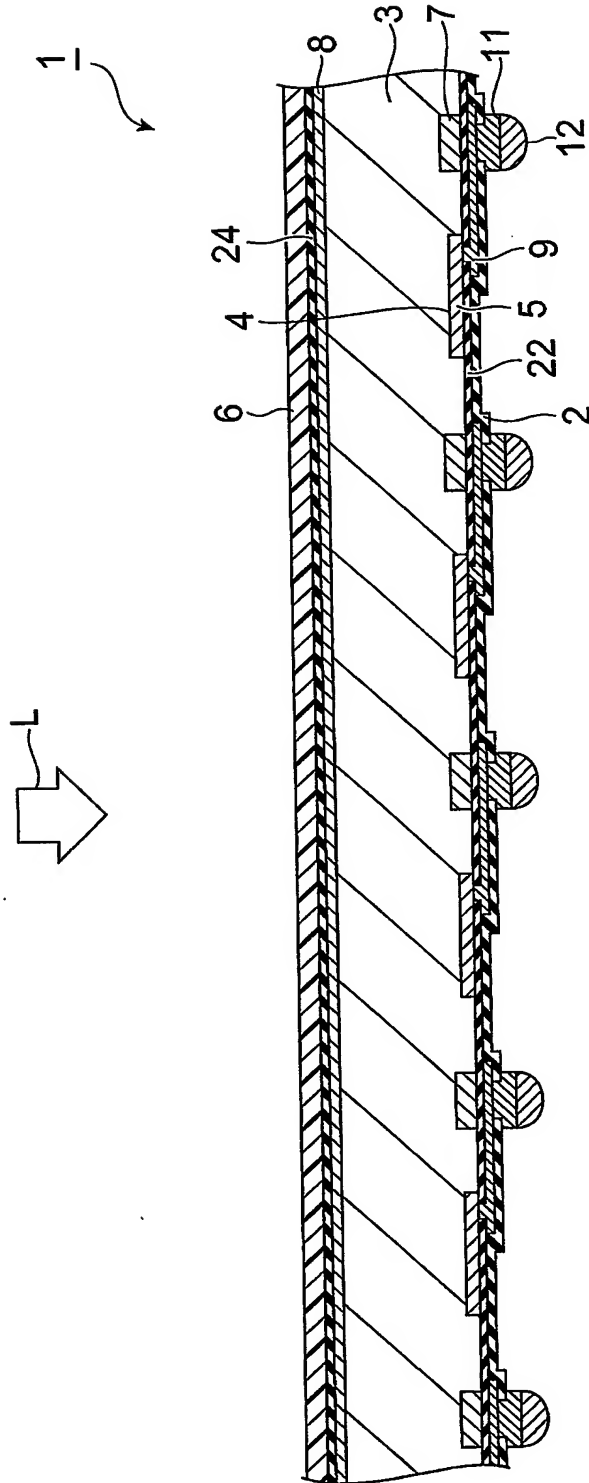
【符号の説明】

- 1, 41... ホトダイオードアレイ
- 3, 43... n型シリコン基板
- 4... ホトダイオード、5... p型不純物拡散層
- 6... 透明樹脂膜、7... n⁺型不純物領域
- 8... アキュムレーション層
- 31... シンチレータパネル
- 45... 表面側凹部、45a... 底部
- 50, 55... 放射線検出器

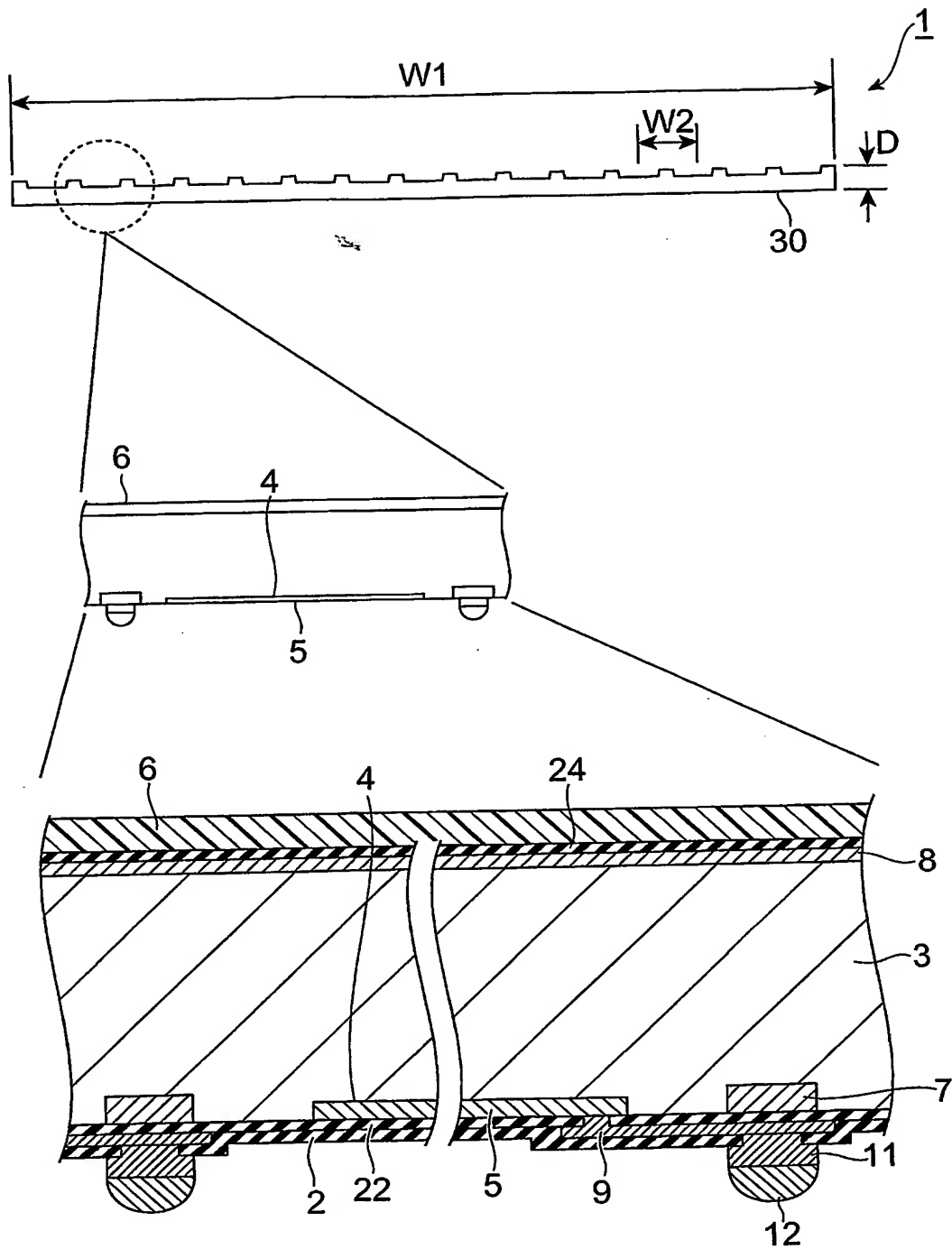
【書類名】

図面

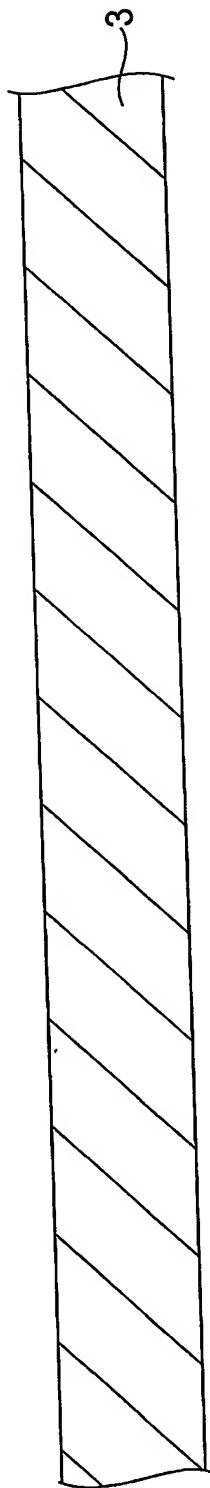
【図 1】



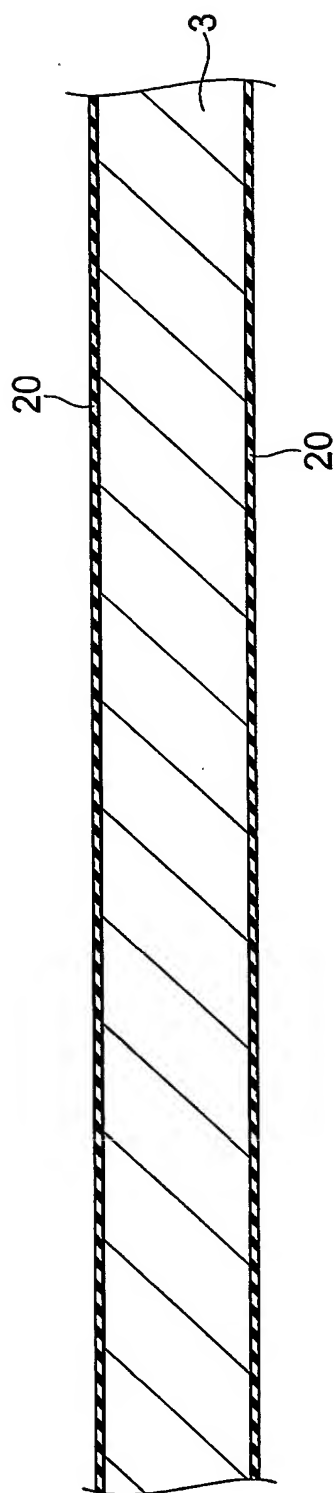
【図 2】



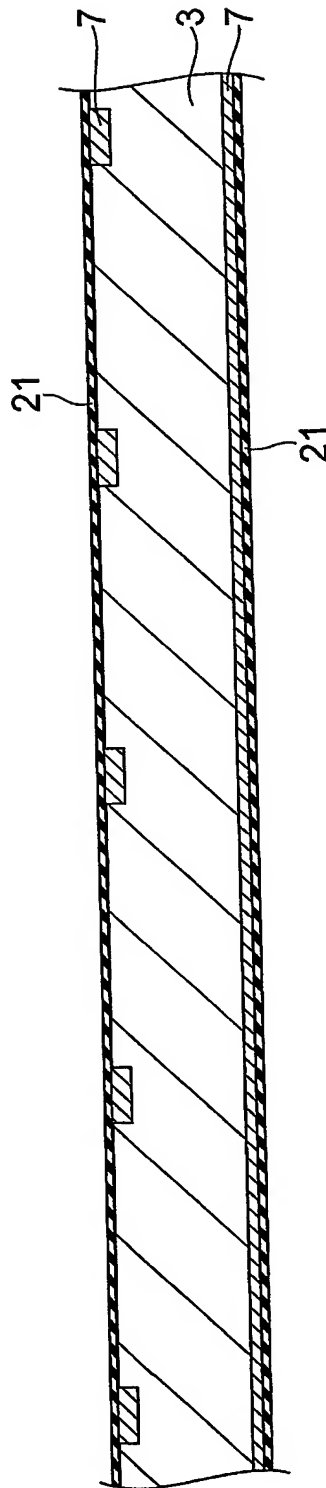
【図 3】



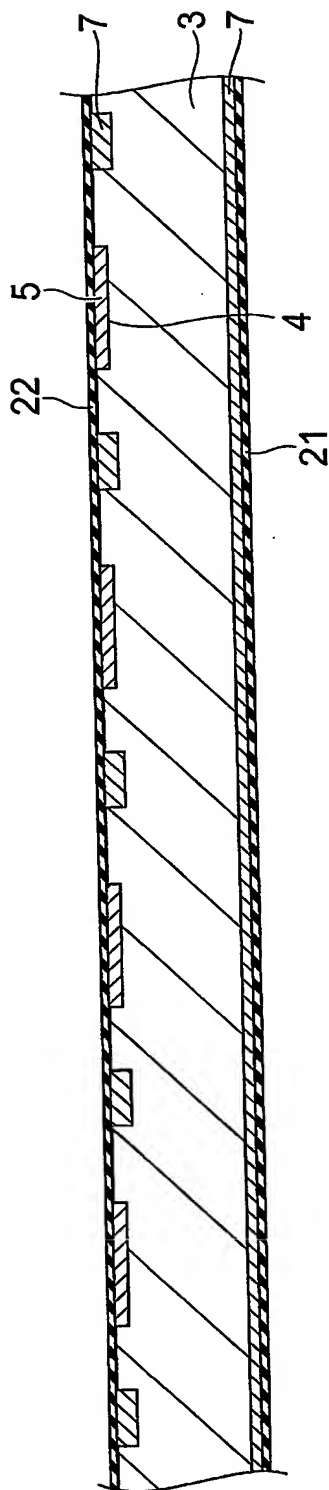
【図 4】



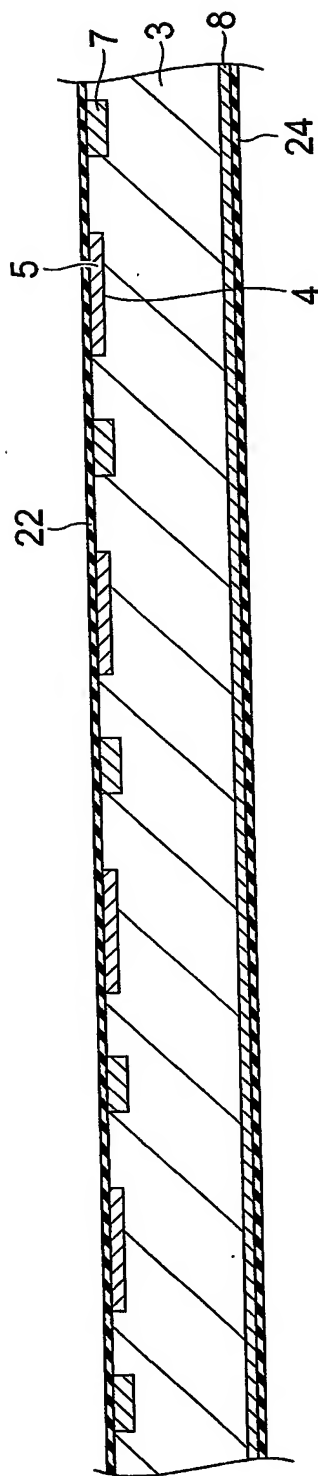
【図 5】



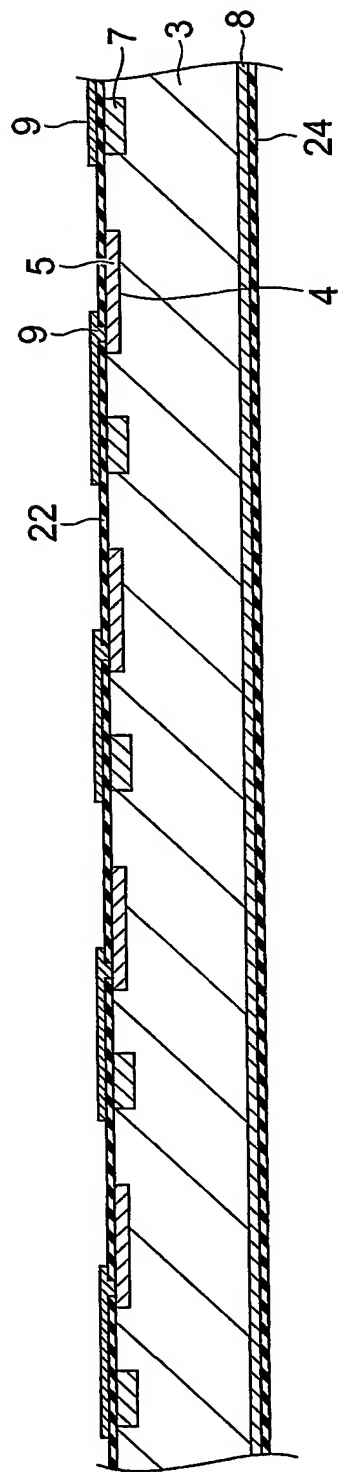
【図 6】



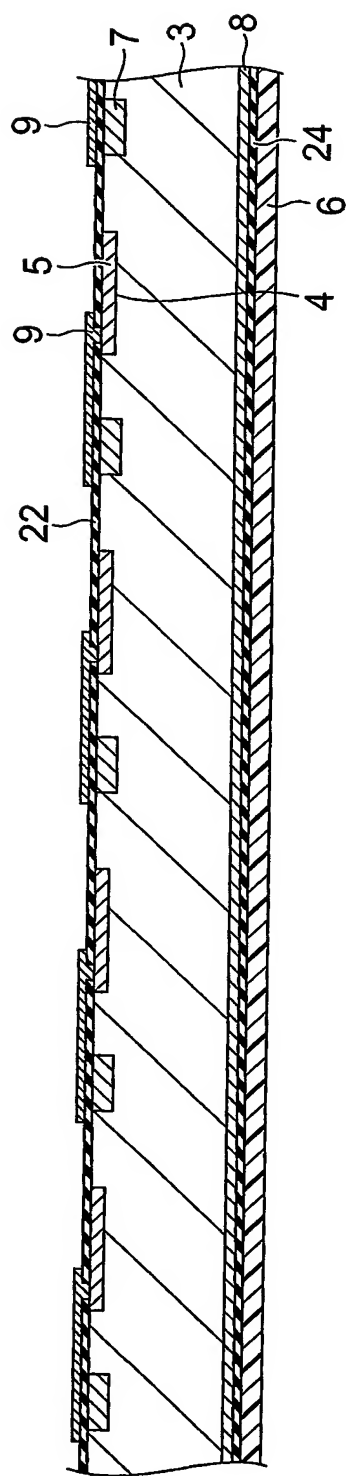
【図 7】



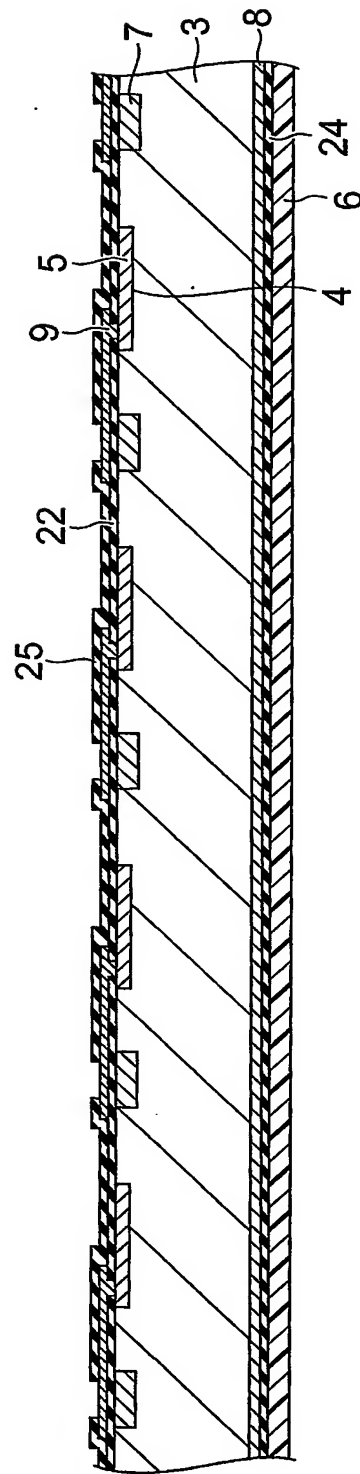
【図 8】



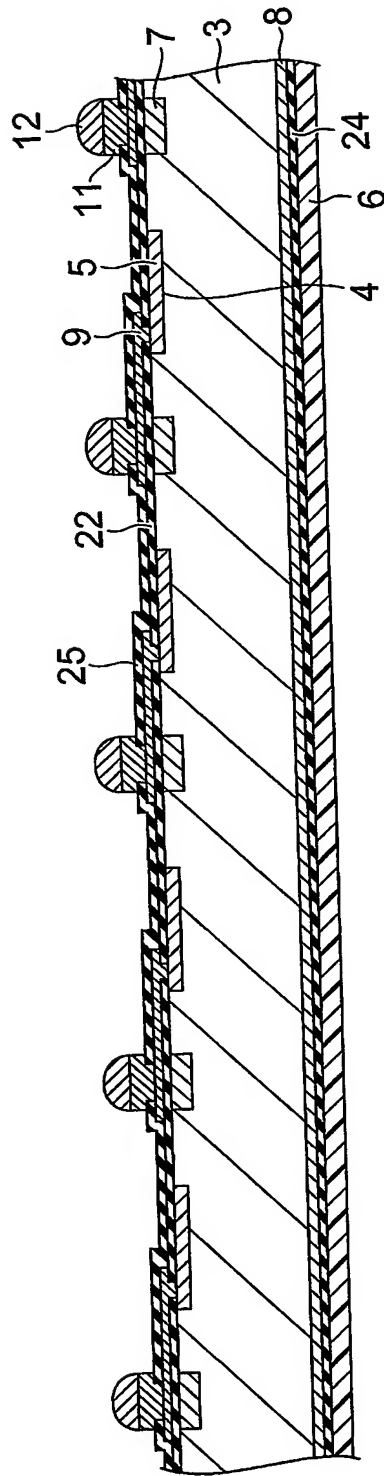
【図 9】



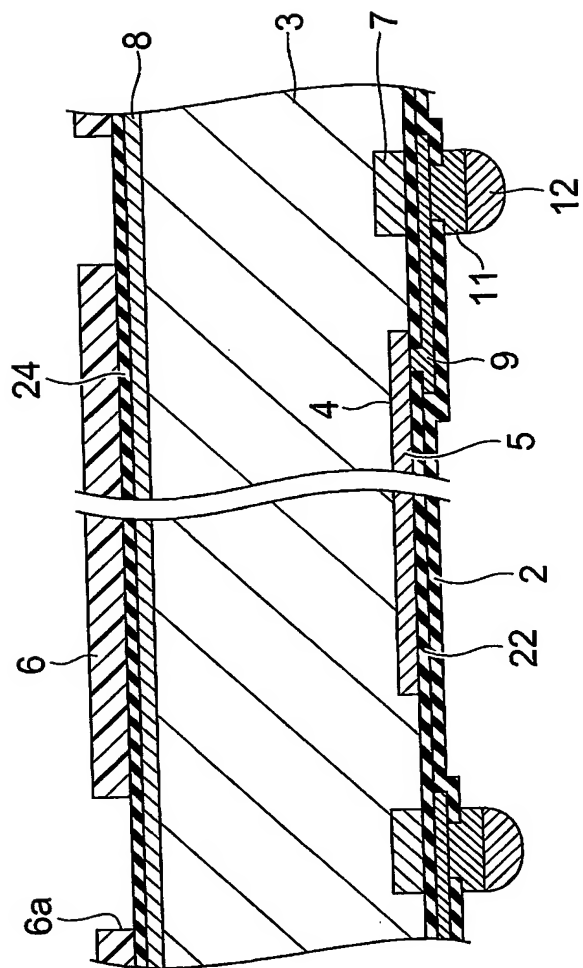
【図10】



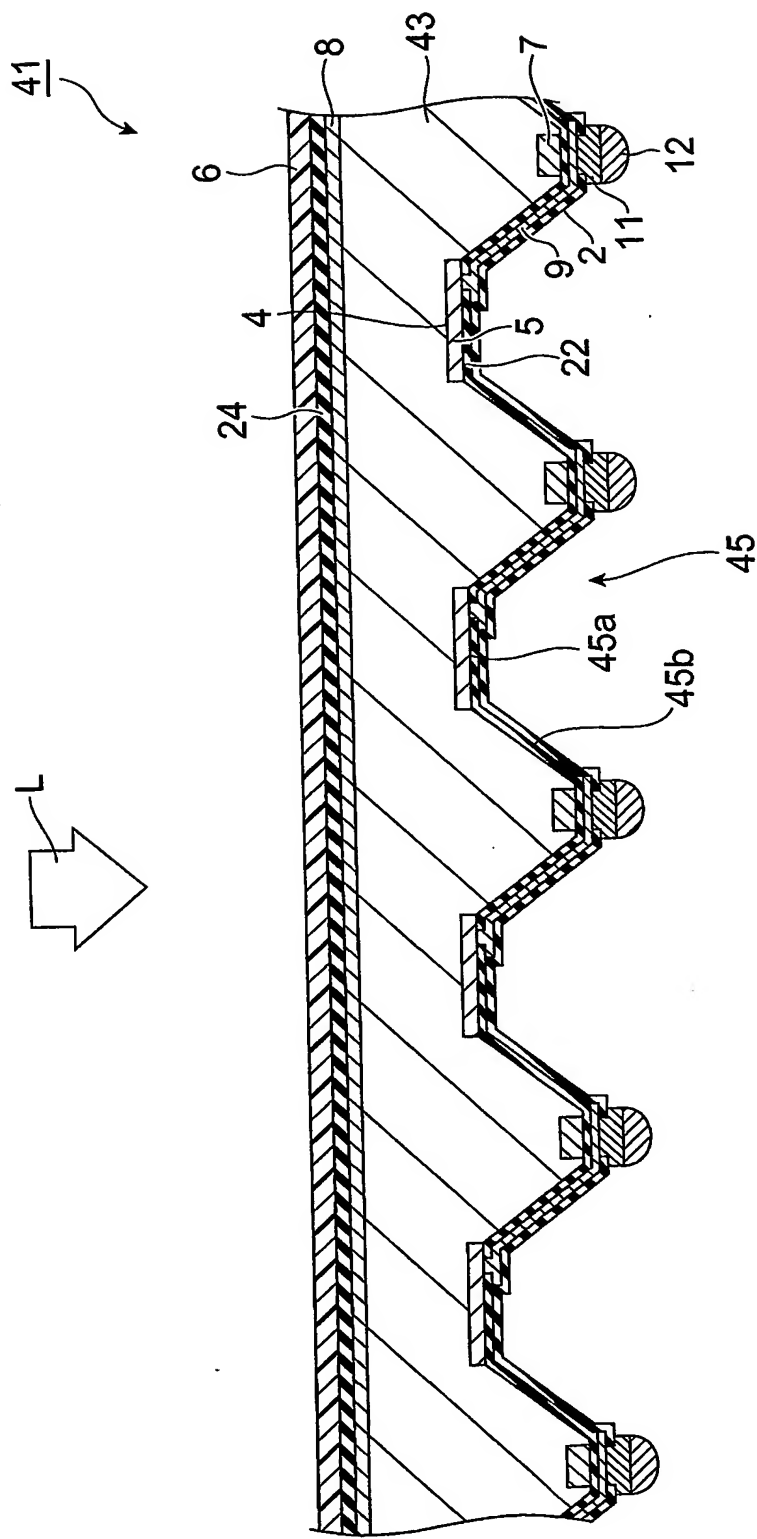
【図 11】



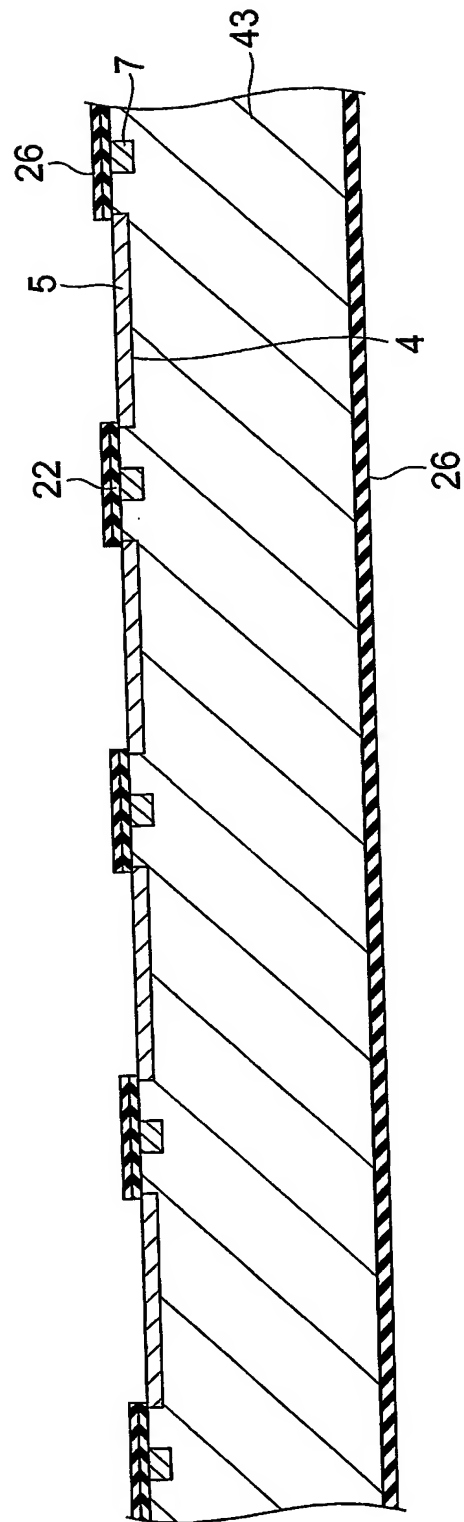
【図 12】



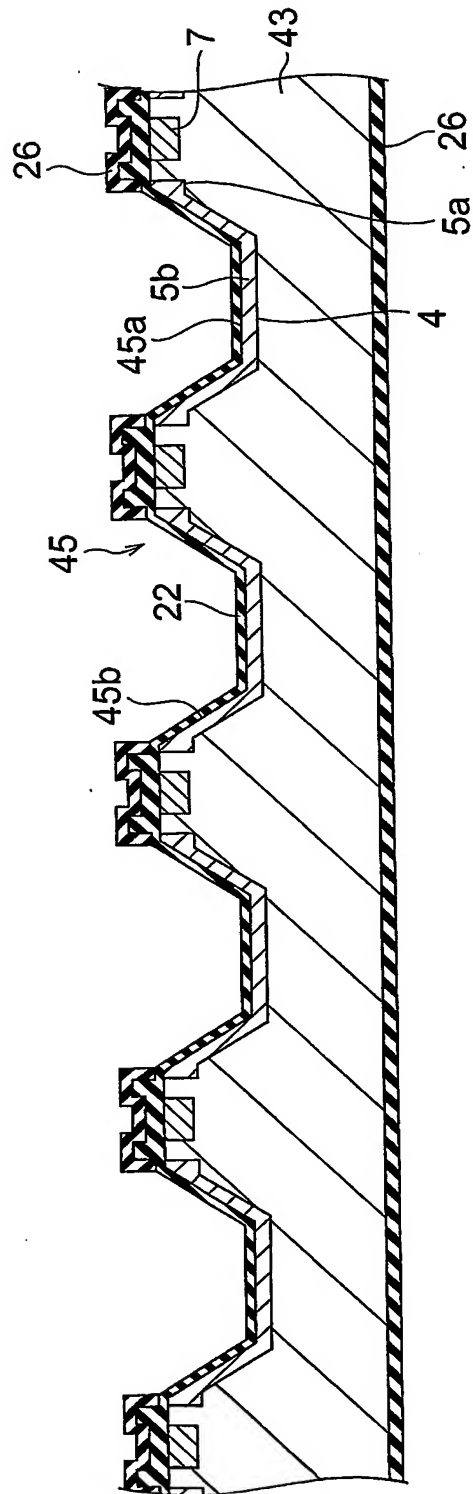
【図 13】



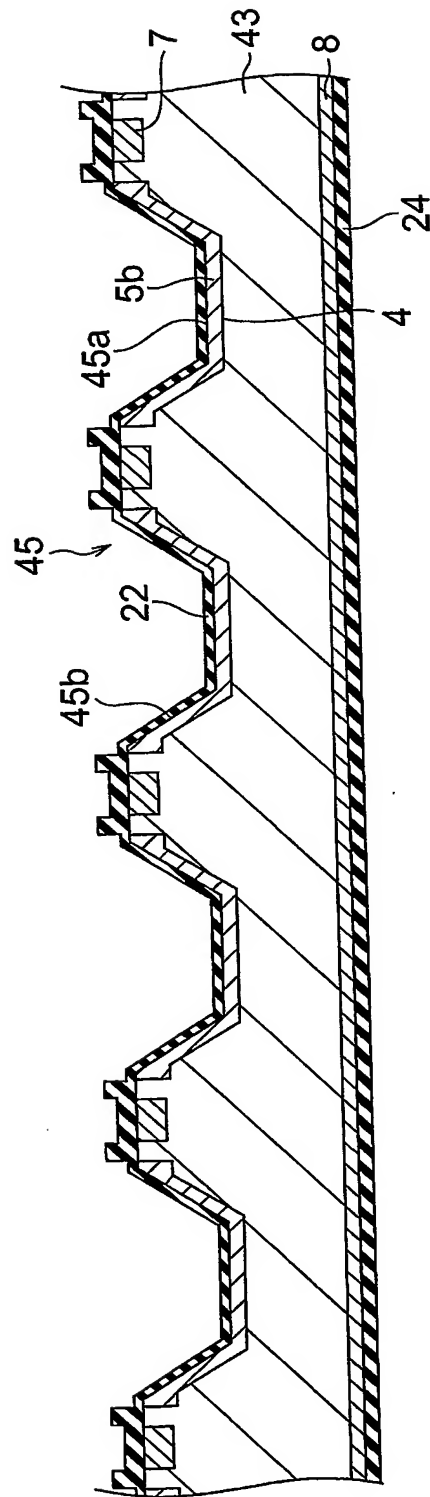
【図 15】



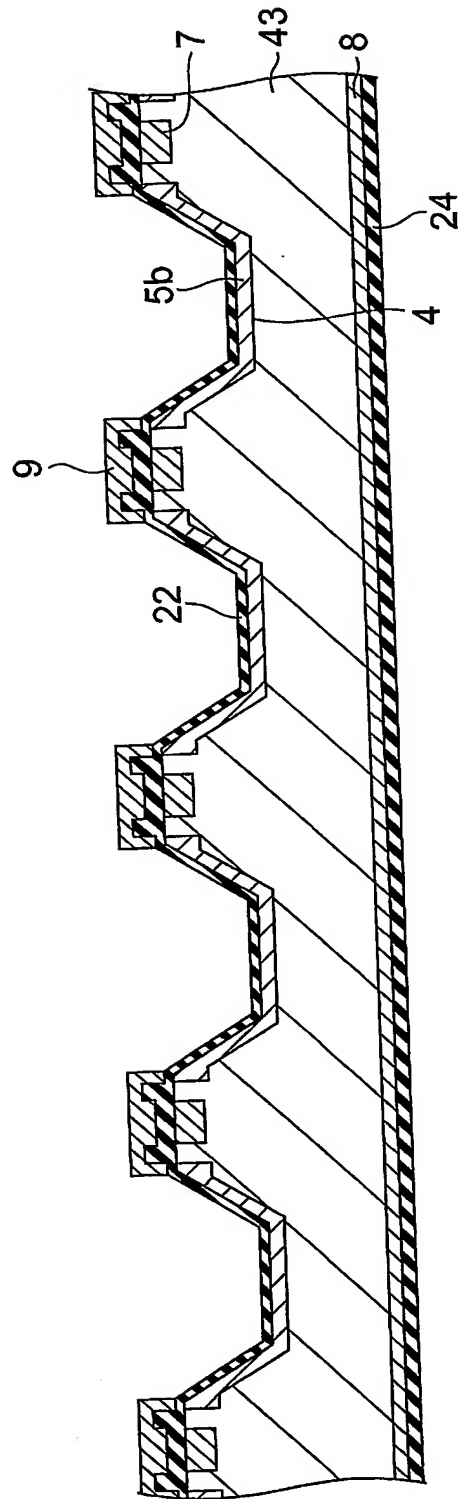
【図 16】



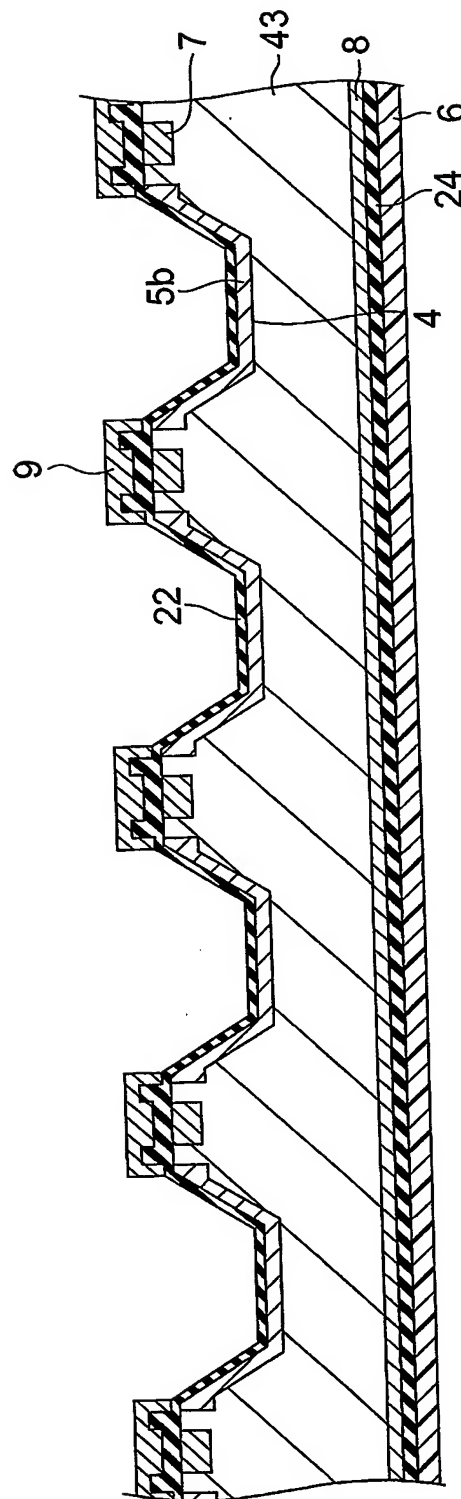
【図 17】



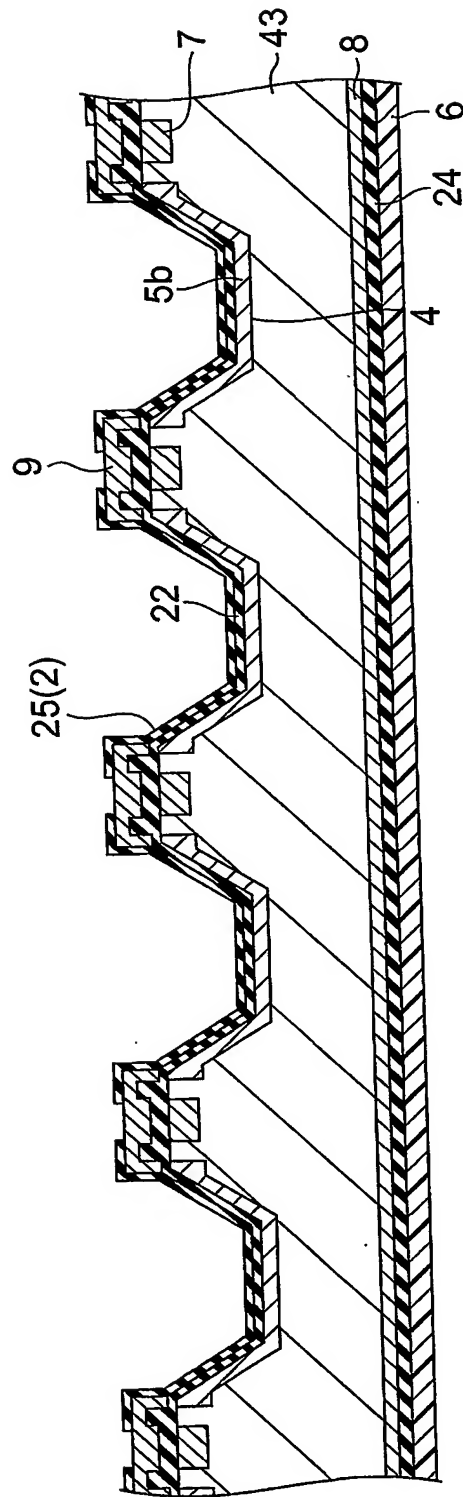
【図 18】



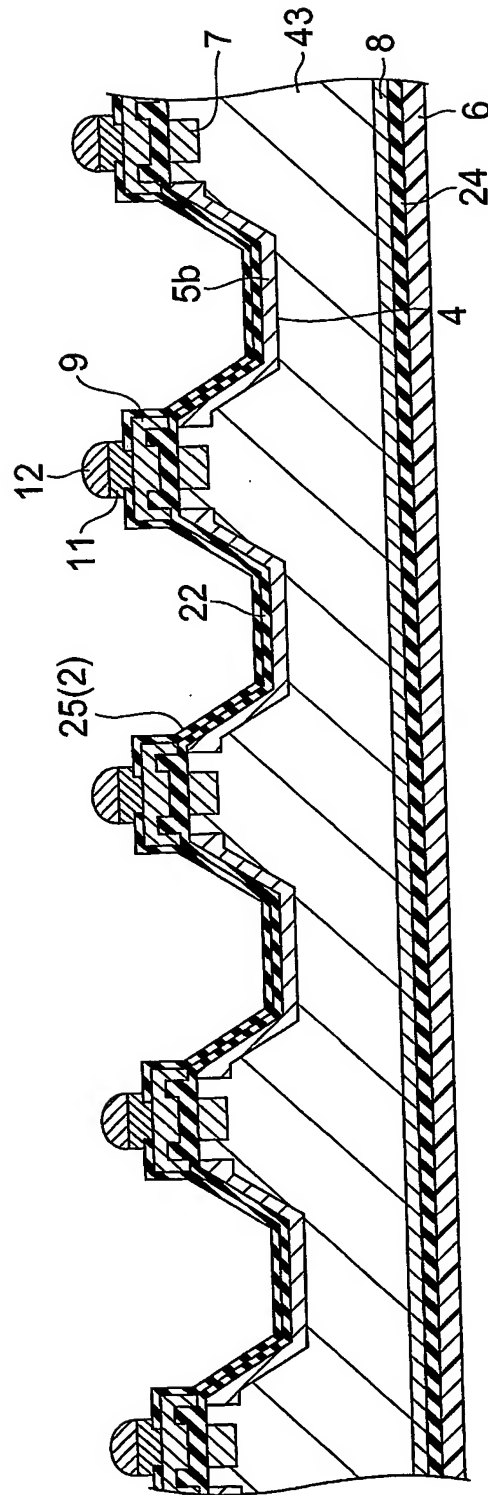
【図 19】



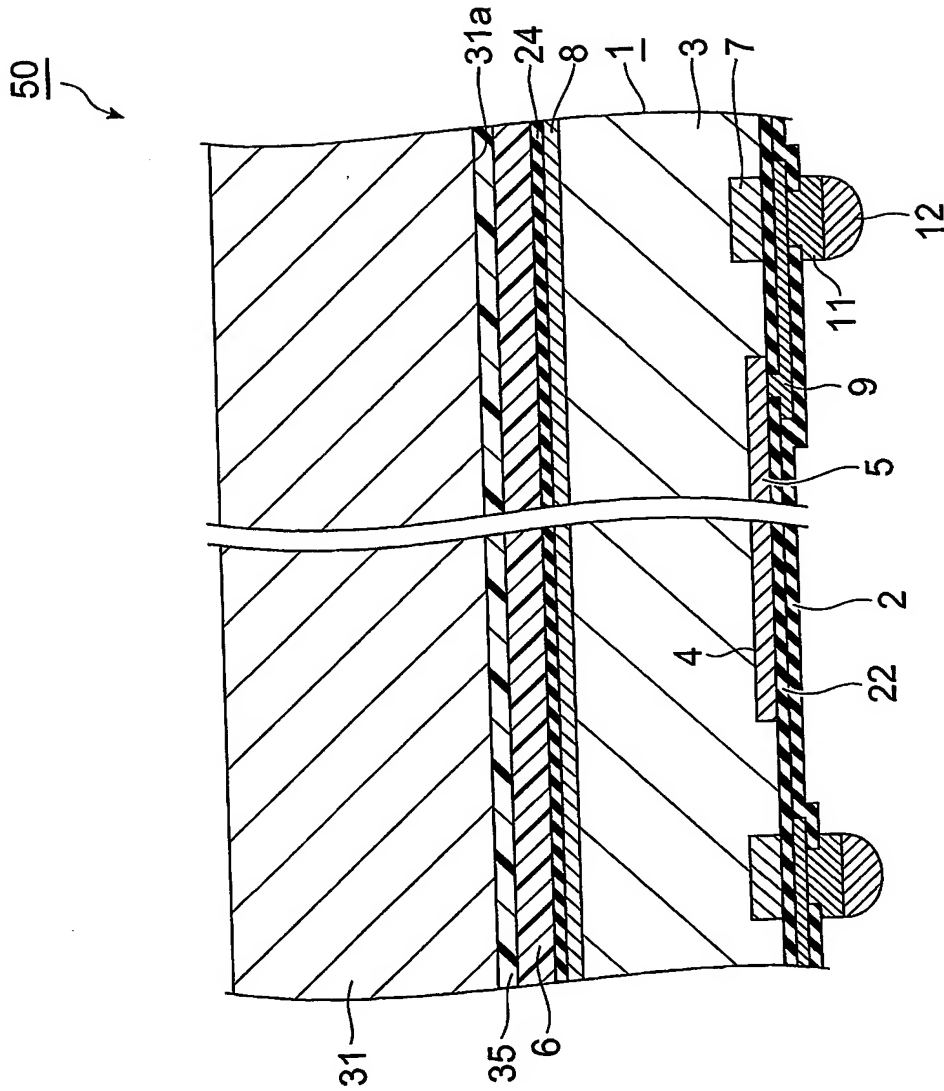
【図 20】



【図 21】

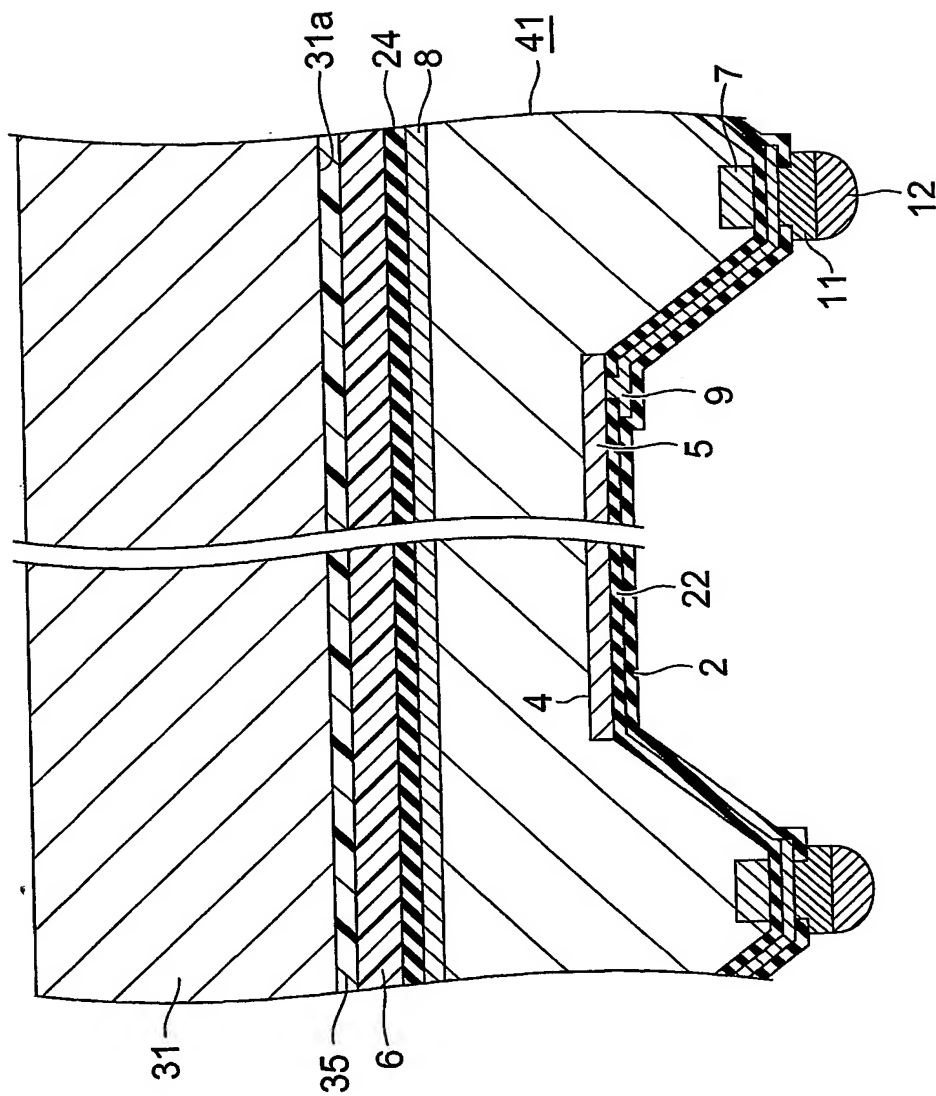


【図 22】

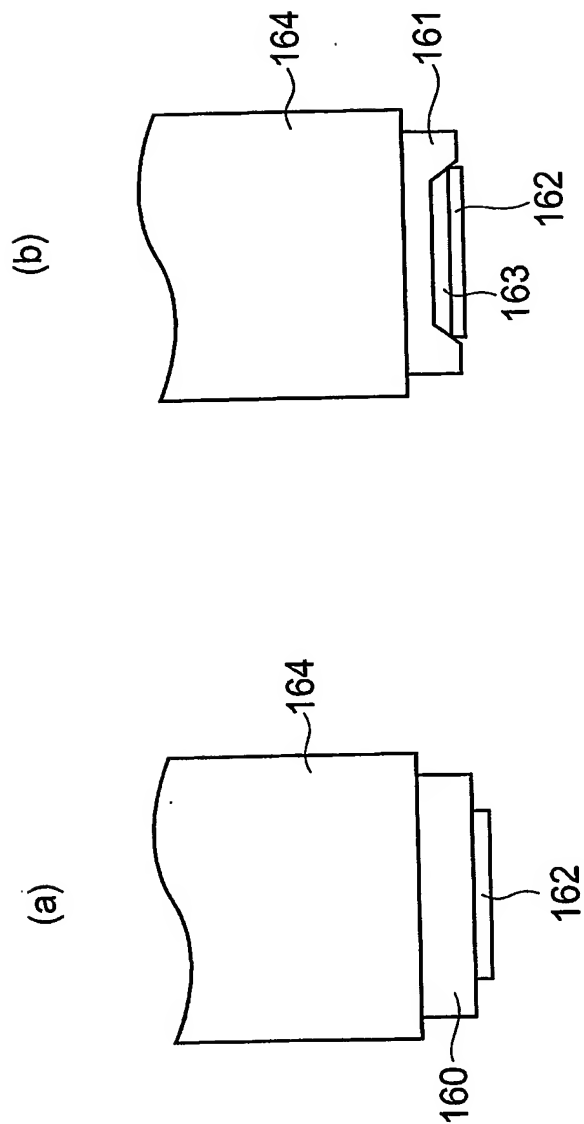


【図 23】

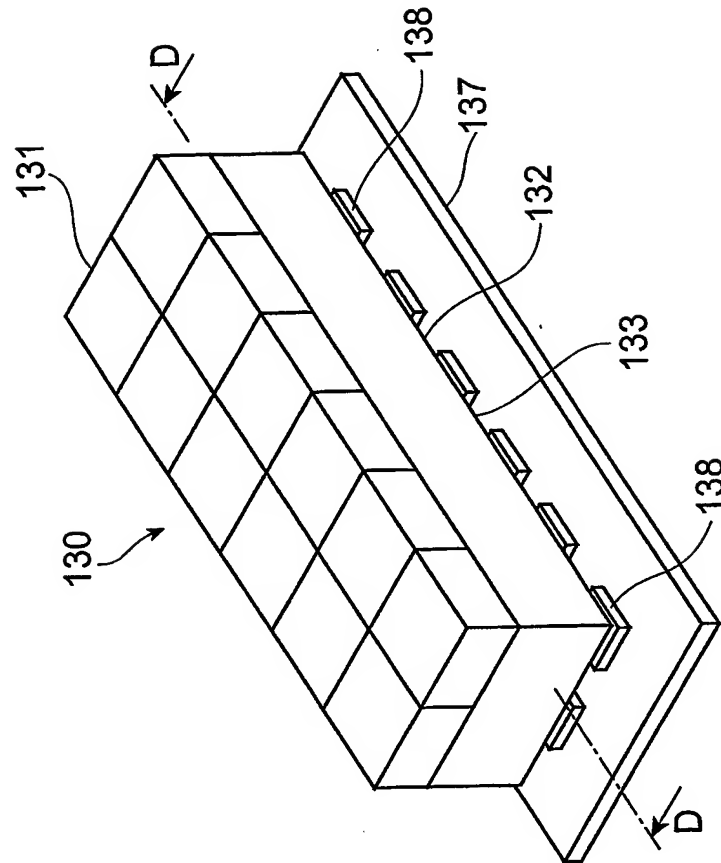
55



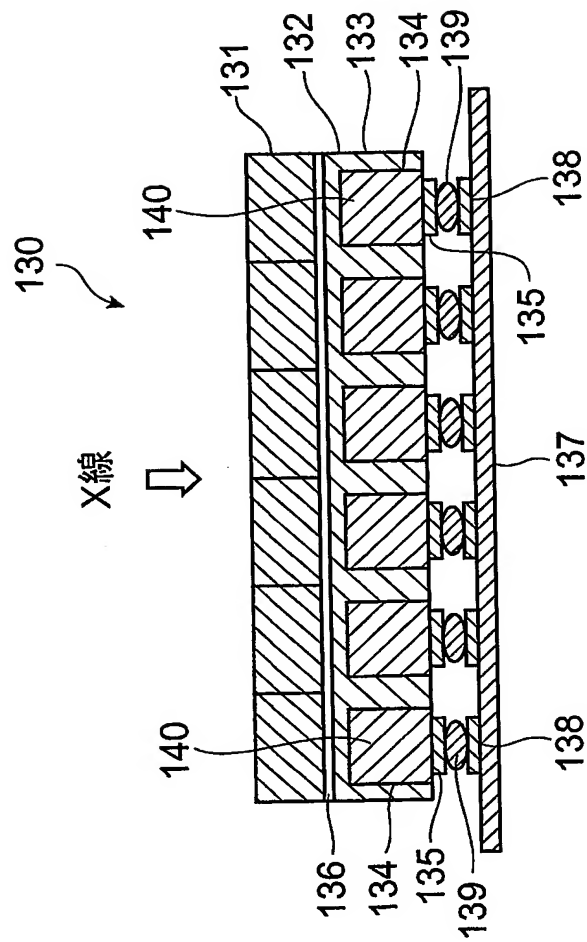
【図 24】



【図 25】



【図 26】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ホトダイオードアレイおよびその製造方法並びに放射線検出器において、実装時におけるホトダイオードの対応領域にもたらされるダメージによるノイズの発生を防止する。

【解決手段】 n型シリコン基板3の被検出光Lの入射面の反対面側に、複数のホトダイオード4がアレイ状に形成されたホトダイオードアレイにおいて、その入射面側の少なくともホトダイオード4が形成された領域と対応する領域を被覆し、被検出光Lを透過する透明樹脂膜6を入射面側に設けてホトダイオードアレイ1とする。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 0 8 7 8 9 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 2 3 6 4 3 6]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1

氏 名

浜松ホトニクス株式会社